

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-223220

(43)Date of publication of application : 08.08.2003

(51)Int.Cl.

G05B 23/02

B60G 17/00

F16F 15/03

(21)Application number : 2002-024349

(71)Applicant : TOKICO LTD

(22)Date of filing : 31.01.2002

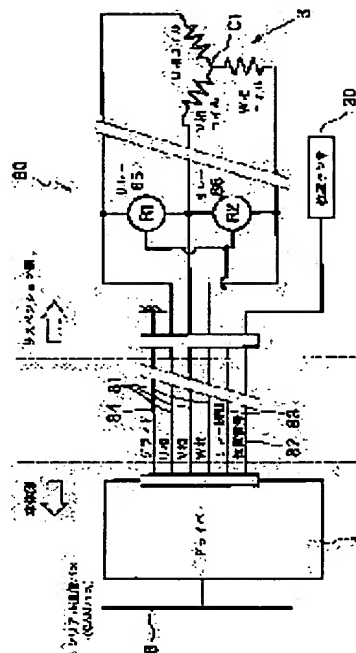
(72)Inventor : AKAMI YUSUKE  
TSUCHIYA SHOICHI

## (54) ELECTROMAGNETIC SUSPENSION APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electromagnetic suspension apparatus capable of developing a damping force with a motor, when it is impossible to control the electromagnetic suspension apparatus due to cable disconnection or the like (when there is no control).

SOLUTION: When a disconnection of a power cable 81 is detected, a relay control signal is turned off to close a first and second relays 65, 66, and short-circuit a U-phase coil, V-phase coil and W-phase coil via the first and second relays 65, 66. Consequently, when a suspension unit strokes, the motor 3 arranged in the suspension unit operates as a generator, and the resistance of the magnitude being substantially proportional to a stroke speed, that is the damping force, is developed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-223220

(P2003-223220A)

(43)公開日 平成15年8月8日(2003.8.8)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

特コード(参考)

G 0 5 B 23/02

3 0 2

G 0 5 B 23/02

3 0 2 S 3 D 0 0 1

B 6 0 G 17/00

B 6 0 G 17/00

3 J 0 4 8

F 1 6 F 15/03

F 1 6 F 15/03

B 5 H 2 2 3

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2002-24349(P2002-24349)

(22)出願日 平成14年1月31日(2002.1.31)

(71)出願人 000003056

トキコ株式会社

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号

(72)発明者 赤見 裕介

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 トキコ株式会社内

(72)発明者 土屋 昭一

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 トキコ株式会社内

(74)代理人 100068618

弁理士 萢 経夫 (外3名)

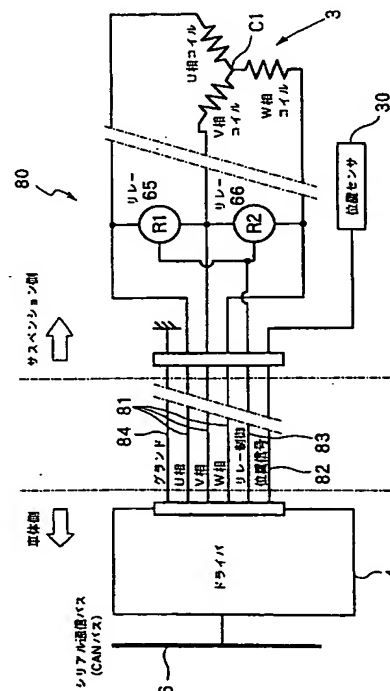
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電磁サスペンション装置

(57)【要約】

【課題】 ケーブル断線などにより電磁サスペンション装置の制御が不能の場合(無制御時)、モータで減衰力の発生を可能とした電磁サスペンション装置を提供する。

【解決手段】 動力ケーブル81の断線を検知した場合、リレー制御信号をOFFし第1、第2リレー65、66を閉じさせ、第1、第2リレー65、66を介してU相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡させる。このため、サスペンションユニットがストロークした際、サスペンションユニットに設けられたモータ3は発電機として作動し、ストローク速度にほぼ比例した大きさの抵抗すなわち減衰力を発生する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 相対的に変位可能に一对の変位部材を設け、前記一对の変位部材のいずれか一方に磁石部材を設け、いずれか他方に前記磁石部材と共にモータを構成するコイル部材を設け、前記コイル部材への通電により前記磁石部材との間に生じる電磁力によって推進力を得、前記コイル部材及び前記磁石部材の相対変位により前記コイル部材に生じる起電力によって減衰力を得るサスペンションユニットと、該サスペンションユニットへの通電を制御する制御手段とを備えた電磁サスペンション装置において、制御手段からサスペンションユニットへ供給される信号の異常を検知する異常検知手段と、コイル部材が閉ループを構成するようにする短絡回路とを設けたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

【請求項2】 前記制御手段を車体側に設けるとともに該制御手段と前記サスペンションユニットとをケーブルで接続し、さらに前記短絡回路をサスペンションユニットと一体に設けたことを特徴とする請求項1記載の電磁サスペンション装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁力による振動抑制用アクチュエータ、ダンパに係り、特に、自動車、二輪車、鉄道車両、構造物及び建造物などに用いて好適な電磁サスペンション装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】従来の電磁サスペンション装置の一例として、油圧ダンパのオリフィス等の減衰力発生機構に代えて、回転型モータ及びこの回転型モータのロータの回転動を直線動に変換する直動—回転動変換機構を用いたり、あるいは直動型モータを用いた電磁サスペンション装置がある。この電磁サスペンション装置は、通電することにより可動部を変位させモータを本来のモータ（アクチュエータ）としてアクティブに動作させる一方、モータを発電機として使用することにより（パッシブに）減衰力を発生させるようにしている。

【0003】前記モータを発電機として使用する場合、モータ（発電機）に発生する抵抗力、すなわち減衰力は、コイルに流れる電流の大きさに比例するので、減衰力を可変とするためには、コイルに流れる電流の大きさを調整すればよい。コイルに流れる電流を調整するには、回路内に可変抵抗を設けたり、回路をオン、オフ（ON/OFF）するスイッチを設け、スイッチのオン、オフ時間比を制御することなどで容易に実現できる。

【0004】そのため、電磁サスペンション装置の減衰力をストローク速度やストローク位置に応じて可変制御したり、制御対象の振動を抑制するようにリアルタイムに可変制御する、いわゆるセミアクティブダンパとして構成することは比較的容易である。また、このようにセ

ミアクティブダンパとして構成する（発電機として使用する）場合、電磁サスペンション装置に電気エネルギーを与える必要はなく、消費電力を非常に低く抑えることができる。

【0005】また、電磁サスペンション装置に電気エネルギーを与えてモータとして使用すれば、容易に任意の力を発生させることができるため、力を加えて減衰力を大きくしたり、任意の制御力を発生させてアクティブサスペンションとして動作させ、振動抑制効果を高めることが可能であり、このようにして振動抑制効果を高める方法も提案されている。前記電磁サスペンション装置でモータとしては直流モータや同期モータが用いられている。

**【0006】**

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記電磁サスペンション装置においてセンサ部を除いた駆動系統は、電源、モータ駆動回路及び推進力、減衰力を発生させるモータから大略構成されている。現状では、電源とモータは、一体化が困難であり分離されているため、電源とモータ間には両者を接続するケーブルが必要となる。通常、電源部—モータ駆動回路間、及びモータ駆動回路—モータ間はケーブルで接続されている。しかし、これらのケーブルが断線したり、モータ駆動回路内で断線が発生した場合（無制御時）、モータは推進力を発生できないばかりか、減衰力も発生できず、モータが無減衰の状態になってしまうという課題がある。また、イグニッションキーがオン（ON）されていない場合、あるいはバッテリー上がり等の場合（無制御時）、モータ駆動回路やモータに電力が供給されず、上述と同様にモータが無減衰の状態になってしまうという課題がある。

【0007】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、ケーブル断線などにより電磁サスペンション装置の制御が不能の場合（無制御時）、モータで減衰力の発生を可能とした電磁サスペンション装置を提供することを目的とする。

**【0008】**

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、相対的に変位可能に一对の変位部材を設け、前記一对の変位部材のいずれか一方に磁石部材を設け、いずれか他方に前記磁石部材と共にモータを構成するコイル部材を設け、前記コイル部材への通電により前記磁石部材との間に生じる電磁力によって推進力を得、前記コイル部材及び前記磁石部材の相対変位により前記コイル部材に生じる起電力によって減衰力を得るサスペンションユニットと、該サスペンションユニットへの通電を制御する制御手段とを備えた電磁サスペンション装置において、制御手段からサスペンションユニットへ供給される信号の異常を検知する異常検知手段と、コイル部材が閉ループを構成するようにする短絡回路とを設けたことを特徴とする。請求項2記載の発明は、請求項1記載の構成にお

いて、前記制御手段を車体側に設けるとともに該制御手段と前記サスペンションユニットとをケーブルで接続し、さらに前記短絡回路をサスペンションユニットと一体に設けたことを特徴とする。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】本発明の第1実施の形態に係る電磁サスペンション装置を図1～図6に基づいて説明する。

【0010】図1及び図2において、電磁サスペンション装置1は自動車に用いられるものであり、各車輪側部材と車体との間に介装される4本のサスペンションユニットを有している。右前輪側部材、左前輪側部材、右後輪側部材及び左後輪側部材にそれぞれ対応するサスペンションユニットを、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側サスペンションユニット2FR, 2FL, 2RR, 2RLという。右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側サスペンションユニット2FR, 2FL, 2RR, 2RLには、それぞれ、スター結線されたU相コイル、V相コイル及びW相コイル（符号省略）からなる3相同期形のモータ（それぞれ、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側モータ3FR, 3FL, 3RR, 3RLという。）が備えられている。右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側サスペンションユニット2FR, 2FL, 2RR, 2RLは同等構成を成しており、以下、適宜サスペンションユニット2と総称する。また、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側モータ3FR, 3FL, 3RR, 3RLについても同様に、適宜モータ3と総称する。

【0011】右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側モータ3FR, 3FL, 3RR, 3RLにはそれぞれドライバ（それぞれ、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側ドライバ4FR, 4FL, 4RR, 4RLという。）が接続されており、モータ3を駆動するようにしている。右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側ドライバ4FR, 4FL, 4RR, 4RLは同等構成を成しており、以下、適宜ドライバ4と総称する。ドライバ4は、各車輪に対応するサスペンションタワー部に設けられている。ドライバ4にはDC36Vのモータ用電源5が接続されている。

【0012】ドライバ4には、シリアル通信バス6を介して制御手段としての制御装置7（振動、姿勢制御手段）が接続されており、制御装置7からドライバ4への動作指令や、ドライバ4から制御装置7への各種フィードバックなどは全てシリアル通信【例えばCAN（Controller Area Network）仕様に準拠したシリアル通信】によって行われるようにしている。シリアル通信のプロトコルは、制御装置7からの「コマンド」とドライバ4からの「レスポンス」がセットになったもので、一定間隔（例えば5ms）【制御装置7の制御周期】毎に常に「コマンド」と「レスポンス」が授受される。

【0013】また、例えば制御装置7からドライバ4への「コマンド」が一定時間（例えば20ms）以上送信されない、あるいはドライバ4から制御装置7への「レスポンス」が一定時間（例えば20ms）以上送信されない、といった場合は、制御装置7又はドライバ4はシステム異常と判断し、「モータ用電源5の切断」、「エラー表示」などの異常処理を行う。シリアル通信バス6には、ABS（Anti-lock Break System）制御装置8及びVDC（Vehicle Dynamics Control）制御装置9が接続されている。ABS制御装置8及びVDC制御装置9は、車両の走行安定性を確保するようにしたものである。本電磁サスペンション装置1、ABS制御装置8及びVDC制御装置9は協調して動作することができるようになっている。

【0014】制御装置7は、モータ3への通電ひいてはモータ3による推進力発生制御を行うと共に、モータ3の起電力発生（発電機としての使用）による減衰力制御を行うようにしている。制御装置7には、車体の上下振動を検出する3個の上下加速度センサ（以下、第1、第2、第3上下加速度センサという。）10, 11, 12、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14、ブレーキセンサ15及びDC12Vの電源（以下、12V電源という。）16が接続されている。制御装置7には更に、システム診断などに用いる外部通信機器17が接続されている。第1上下加速度センサ10は右前輪のサスペンションタワー部に設けられ、第2上下加速度センサ11は左前輪のサスペンションタワー部に設けられ、第3上下加速度センサ12は後部トランク部に設けられている。

【0015】サスペンションユニット2は、図2に示すように、車両の車体側に保持される外筒部材20（一对の変位部材のうち一方）と、外筒部材20に相対変位可能に一端側が挿嵌され他端側が車両の車軸側に保持されるロッド21（一对の変位部材のうち他方）とを備えている。外筒部材20とロッド21との間になるようにして、外筒部材20の内側には複数のコイル22（コイル部材）が軸方向に所定長さにわたって設けられ、ロッド21の外側には永久磁石（磁石部材）23が軸方向に所定長さにわたって設けられている。

【0016】コイル22とロッド21（永久磁石23）との間になるようにして、コイル22の内側に筒状の案内部材（以下、第1案内部材という。）24が設けられ、ロッド21の一端部には第1案内部材24に摺動する摺動部（以下、第1摺動部という。）25が設けられている。外筒部材20の開口端には環状の案内部材（以下、第2案内部材という。）26が装着されている。第2案内部材26の内側には、ロッド21に摺動してその動きを案内する摺動部（以下、第2摺動部という。）27が設けられている。ロッド21は、第1摺動部25及び第2摺動部27によって外筒部材20に対して摺動可

能に支持されている。

【0017】前記コイル22は、U相、V相、W相が軸方向に交互に並んだ構成になっている。永久磁石23は、N極、S極が軸方向に交互に並んだ構成になっている。コイル22に通電するとコイル22と永久磁石23との間に軸方向の推力が発生し外筒部材20とロッド21は相対変位（ストローク）する。推力の向きはコイル22の通電方向に基づいて定まる。本実施の形態では、コイル22、永久磁石23、コイル22を支持する外筒部材20、及び永久磁石23を支持するロッド21などから前記モータ3が構成されている。また、外筒部材20及びロッド21ひいてはコイル22及び永久磁石23が相対変位すると、コイル22には起電力が生じ、モータ3は発電機の作用をなすようになっている。サスペンションユニット2のモータ3には位置センサ30（図4参照）が設けられており、コイル22及び永久磁石23ひいては外筒部材20とロッド21の相対変位（ストローク）を検出し得るようになっている。

【0018】制御装置7は、本電磁サスペンション装置1の制御プログラムや定数などの固定的なデータを記憶するROM31と、前記制御プログラムを実行し、本電磁サスペンション装置1全体の制御を司るCPU32と、CPU32の演算結果等を一時的に記憶するRAM33と、サンプリング時間等を生成するタイマ34とを備えている。制御装置7は、さらに、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12からのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器35と、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14及びブレーキセンサ15からの信号を処理するセンサi/oインタフェース（センサi/o i/f）36と、ドライバ4などとのシリアル通信用のCANインタフェース37と、12V電源16をCPU32などが必要とする5V、3.3Vなどの電圧に変換するDC/DC電源ユニット38と、外部通信機器17に対して信号を授受する外部通信機器インタフェース39とを備えている。本実施の形態では、消費電力制限手段はROM31に記憶されている制御装置7の制御プログラムの中の1シーケンスとして構成される。

【0019】本電磁サスペンション装置1では、車両の状態のうち車体の上下振動については上述したように第1、第2、第3上下加速度センサが検出する。また、車体のロール、ピッチング量については、前記位置センサ30の検出信号、ひいては各車輪のサスペンションユニット2のストロークに基づいて判断する。また、車両の状態の検出は、前記第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12及び位置センサ30に限らず、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14、ブレーキセンサ15によっても行うようにしている。

【0020】制御装置7は、前記第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12、位置センサ30、車輪

速センサ13、ハンドル角センサ14、ブレーキセンサ15からの信号に基づいて、車両の振動、姿勢の変化や不安定な車両挙動を抑制するように、また、車速や運転者のハンドル、アクセル、ブレーキ操作に対して車両がより安定するように各輪のサスペンションユニット2の制御量を決定し、ドライバ4に対してモータ3の駆動信号を送るようにしている。

【0021】ドライバ4は、図4に示すように、モータ駆動用制御プログラムや定数などの固定的なデータを記憶するROM（以下、ドライバROMという。）40と、前記モータ駆動用制御プログラムを実行し、制御装置7との通信制御を行うと共にドライバ4の制御を司るCPU（以下、ドライバCPUという。）41と、ドライバCPU41の演算結果等を一時的に記憶するRAM（以下、ドライバRAMという。）42と、車両及び運転者などに固有とされ、書き換え可能なパラメータ等を記憶するFLASHメモリ43と、サンプリング時間等を生成するタイマ（以下、ドライバタイマという。）44とを備えている。

【0022】ドライバ4は、さらに、モータ3駆動用のPWM信号生成器45と、モータ用電源5（DC36V）にDCバス47を介して接続され、モータ用電源5からの電流をモータ3の駆動に使用するように3相電流に変換しこの電流をモータ接続線48を介してモータ3に出力するFET49と、前記モータ接続線48に設けられモータ3の駆動電流を検出する電流検出器51と、モータ接続線48の出力側に設けられるラインフィルタ53と、を備えている。又、ドライバ4は、電流検出器51からのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器（以下、ドライバA/D変換器という。）54と、前記位置センサ30からの信号をデジタル信号に変換してドライバCPU41に入力する位置センサインタフェース（位置センサi/f）55と、ドライバCPU41からのリレー制御信号を第1、第2リレー65、66に入力するリレーインタフェース（リレーi/f）60と、を備えている。

【0023】第1、第2リレー65、66は、リレー制御信号を入力可能とした励磁コイル（図示省略）と、励磁コイルに入力するリレー制御信号に応じて開閉する定常時閉の接点部（図示省略）とを備えており、定常時閉形のリレーとされている。そして、励磁コイルのリレー制御信号がオン（ON）の場合に前記接点部〔ひいては第1、第2リレー65、66は〕が開（OFF）とされるようになっている。この実施の形態では、電源の投入〔イグニッションスイッチのオン作動〕によりリレー制御信号がオン（ON）されて第1、第2リレー65、66は開（OFF）とされ、通常時、この状態〔第1、第2リレー65、66は開（OFF）状態〕が維持される。なお、後述するように、各種ケーブルの断線等の故障発生時〔無制御時〕には、リレー制御信号がオフ（O

FF)されて第1、第2リレー65、66は閉(ON)とされることになる。

【0024】ドライバ4には、さらに、DCバス47の電圧を監視する過電圧検出器56と、FET49の過熱を検出する過熱検出器57と、制御装置7とのシリアル通信インターフェースであるCANi/f(以下、ドライバCANインターフェースという。)58と、モータ用電源5をドライバCPU41など他の部材の動作に必要な5V、12V、15Vなどの電圧に変換するDC/DC電源ユニット(以下、ドライバDC/DC電源ユニットという。)59とが備えられている。

【0025】ドライバ4は、シリアル通信バス6を介し、制御装置7から「サーボON」などの制御コマンド及び実際にモータ3を駆動させる制御量等を受け取り、サンプリング時間(ドライバ4の制御周期)毎に位置センサ30の信号からモータ3内のU相、V相、W相コイル22と永久磁石23の作る磁気回路との間の位相角(電気角)、モータ3の動作速度、電流検出器51の信号からコイル22の電流値、電圧値を取得し、制御装置7からのモータ駆動指令通りのモータ動作となるようにPWM信号生成器45を調節する。前記ドライバ4の制御周期は、制御装置7の制御周期(例えば5ms)よりも充分速く、例えば250μsに設定されている。

【0026】この電磁サスペンション装置1では、車体の上下振動に伴いロッド21及び外筒部材20が相対的に変位すれば、コイル22には起電力が発生する。すなわち、モータ3は発電機として作用し、コイル22に電流が流れることにより、サスペンションユニット2(モータ3)はロッド21及び外筒部材20の相対速度に応じた抵抗力、すなわち減衰力を発生することになる。また、ロッド21と外筒部材20との相対的な位置関係(電気角)、ひいては車体の上下振動状態に応じて、コイル22に電流を流せば、モータ3は本来のモータ(アクチュエータ)として作用して推進力を発揮することになり、サスペンションユニット2は振動抑制効果を向上できるようにしている。

【0027】図5にケーブル断線時にコイル22を短絡させる回路(短絡回路)80を示す。短絡回路80は、U相コイルの一端(U相コイル、V相コイル及びW相コイルの共通接続端子C1に対して反対側の端子部)とV相コイルの一端(共通接続端子C1に対して反対側の端子部)との間に介装された前記第1リレー65と、V相コイルの一端とW相コイルの一端(共通接続端子C1に対して反対側の端子部)との間に介装された前記第2リレー66とを備え、後述するように、U相コイル、V相コイル及びW相コイルを第1、第2リレー65、66を介して短絡し得るようにしている。短絡回路80は、サスペンションユニット2に設けられている。

【0028】車体側に取付けられたドライバ4とサスペンションユニット2(モータ3)とは、モータ3のU相

コイル、V相コイル及びW相コイルに接続される動力ケーブル81と、位置センサ30から延びる位置信号用ケーブル82と、第1、第2リレー65、66制御用のケーブル(リレー制御用ケーブル)83と、グランドケーブル84とを介して接続されている。また、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12と制御装置7とは加速度信号ケーブル85を介して接続されている。この実施の形態では、前記各ケーブル〔動力ケーブル81、位置信号用ケーブル82、リレー制御用ケーブル83、加速度信号ケーブル85〕が断線された場合や、バッテリー〔12V電源16、モータ用電源5〕から電力が供給されていない(以下、適宜、電源断という。)場合等の故障が発生したとき(無制御時)には、ドライバ4は、リレー制御信号をオフ(OFF)して第1、第2リレー65、66に出力するようにしている。

【0029】上述したように第1、第2リレー65、66は定常時閉形のリレーで、かつ通常時にはドライバ4からリレー制御信号がONとされて出力されており、第1、第2リレー65、66は開いた(OFFした)状態にされている。この通常時には、第1、第2リレー65、66が開されていることから、U相コイル、V相コイル及びW相コイルは短絡されておらず、モータ3は正常に制御され、推進力の発生(本来のモータとして作動)及び減衰力の発生(発電機としての作動)を行ない得ようになっている。

【0030】ドライバ4からリレー制御信号が出力されない(リレー制御信号がOFFとされる)場合、第1、第2リレー65、66は閉(ON)〔定常時と同等の状態〕とされ、U相コイル、V相コイル及びW相コイルは、第1、第2リレー65、66が閉じる(ONすることから)短絡された状態となる。すなわち、上述したように無制御時〔前記各ケーブルの断線時、電源断時〕には、ドライバ4は、リレー制御信号をオフ(OFF)して第1、第2リレー65、66に出力するので、第1、第2リレー65、66は閉じられてU相コイル、V相コイル及びW相コイルは短絡された状態となる。

【0031】そして、U相コイル、V相コイル及びW相コイルが短絡されていると、サスペンションユニット2がストロークした際、モータ3は発電機として作動し、ストローク速度にほぼ比例した大きさの抵抗すなわち減衰力を発生する。以下、具体的な断線箇所を例にして断線の検知方法(異常検知手段)及びその際の制御方法について説明する。動力ケーブル81(ドライバ4及びモータ3間のケーブル)の断線検知は、次のようにして行なう。

【0032】すなわち、ドライバ4には、電流検出器51が組み込まれており、ドライバCPU41の指令したU相コイル、V相コイル及びW相コイルへの電流値が正確に出力されているかどうかを出力される電流を検出することによりチェックし、その検出値をドライバCPU

41へフィードバックしている。そして、動力ケーブル81が断線した場合には、ドライバCPU41にフィードバックされる電流値が異常な値（電流値がゼロまたは極めて小さい値）を呈することとなる。ドライバCPU41は、このことを利用して動力ケーブル81の断線の有無を判定する。

【0033】ドライバCPU41は、動力ケーブル81が断線有と判定した（動力ケーブル81の断線を検知した）場合、リレー制御信号をOFFし第1、第2リレー65、66を閉じさせ、第1、第2リレー65、66を介してU相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡させた状態とすると共に、モータ制御を停止し、制御装置7へ断線検知を通知する。

【0034】次に、位置信号用ケーブル82の断線判断は、次のように行なう。位置センサ30が常時信号を出力するタイプのセンサ（例えば、信号が1～5Vの間で変化する）の場合は信号が出力されないときに断線と判断できる。また、例えば、0～5VのA、B相パルスの位置センサの場合等、出力信号が出力されない状態が存在するセンサの場合は、制御装置7に接続される上下加速度センサ等からの出力から当然位置センサ30の出力が変化すべきであるのに出力が0Vや変化しない場合に、位置信号用ケーブル82の断線または位置センサ30の故障と判断できる。位置信号用ケーブル82の断線を検知した場合、制御装置7はドライバ4へモータ制御停止を通知する。そして、ドライバCPU41は、上述と同様にしてU相コイル、V相コイル及びW相コイルの短絡、モータ制御の停止及び制御装置7へ断線検知の通知を行なう。

【0035】リレー制御用ケーブル83の断線は次のように検知される。ここで、第1、第2リレー65、66を開く（OFFする）には、リレー制御用ケーブル83に励磁電流〔リレー制御信号の内容（又は信号レベル）がONとされたリレー制御信号〕を流し、第1、第2リレー65、66に内蔵されている前記励磁コイルを励磁する必要がある。そして、通常時リレー制御用ケーブル83の断線は、ドライバ4内のリレーi/f60によって励磁電流（リレー制御信号）を監視して検出するようにしている。リレー制御用ケーブル83の断線を検知した場合、第1、第2リレー65、66には、信号が供給されないの自動的に閉じられ（定常時の状態に戻る）、U相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡させた状態となる。さらに、ドライバCPU41はリレー制御信号をOFFにすると共に、モータ制御を停止し、制御装置7へ断線検知を通知する。ここで、リレー制御信号をOFFにする理由は、リレー制御用ケーブルが完全に断線された場合は問題ないが、断線後、再び接続、断線を繰り返すような場合、第1、第2リレー65、66が開閉を繰り返してしまうので、これを防止するために、リレー制御信号をOFFにしておく必要がある。

【0036】また、加速度信号ケーブル85の断線は次のように検知される。この実施の形態では、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12からの加速度信号は、例えば3Vを中心に1～5Vの信号出力としておき、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12から信号が出力されないとき（例えば、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12の出力信号が0Vのとき）は、加速度信号ケーブル85の断線であると判断できるように定めている。そして、ドライバCPU41は、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12からの加速度信号に基づいて加速度信号ケーブル85の断線検出を行う。そして、断線を検知した場合、ドライバCPU41は、上述と同様にしてU相コイル、V相コイル及びW相コイルの短絡、モータ制御の停止及び制御装置7へ断線検知の通知を行なう。

【0037】また、制御装置7、ドライバ4が暴走などによって正常に動作しなくなった場合も、ドライバCPU41はモータ3への電力供給を停止すると共に、第1、第2リレー65、66を閉じ、U相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡させた状態とする。この暴走の有無の判断は、例えばリレーi/fとPWM信号生成器とにCPUから定期的にアクセスするように設定し、リレーi/fやPWM信号生成器に、この定期的アクセスの有無を判断し、無い場合に出力を停止する機能を設けることにより、暴走した際には、定期的アクセスが行なわれなくなるので、リレーi/fとPWM信号生成器からの出力が停止して、モータ3への電力供給を中止し、U相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡させた状態とする。また、モータ用電源5とドライバ4を接続する電源用ケーブル86が断線し、ドライバ4への電力供給が停止した場合、リレー制御信号はOFFされ、第1、第2リレー65、66が閉じられ、U相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡させた状態とする。

【0038】また、システムの正常動作中に第1、第2リレー65、66が何らかの要因で閉じる（ONする）等の異常動作をした場合、U相コイル、V相コイル及びW相コイルの手前で短絡ループ（閉回路）が形成され、U相コイル、V相コイル及びW相コイルへはドライバ4から電流が供給されなくなる。この場合、コイル22の抵抗が取り除かれた分だけ動力ケーブル81には過大な電流が流れることになり、電流検出器51による電流値フィードバックの異常（電流値過大）が検出されるため、ドライバCPU41は第1、第2リレー65、66の異常を検出することができる。

【0039】そして、第1、第2リレー65、66の異常を検知した場合、ドライバCPU41は、上述と同様にしてU相コイル、V相コイル及びW相コイルの短絡、モータ制御の停止及び制御装置7へ断線検知の通知を行なう。

【0040】以上の動作を図6のフローチャートに基づ

いて要約的に説明する。ドライバCPU41は制御装置7からの制御コマンドを取り込み(ステップS11)、制御装置7からの異常処理要求があるか否かを判断する(ステップS12)。ステップS12でNo(異常処理が必要でない)と判断した場合は、ドライバCPU41はモータ3の制御のために位置センサ30からの位置データを読み込む(ステップS13)。

【0041】ステップS13の位置データの読み込みにより位置信号用ケーブル82の断線の有無を判断する(ステップS14)。次のステップ15で、モータ制御ロジックを実行し、位置データからモータ3の磁石23とコイル22の位置関係、電流値フィードバック(±サンプリング前)からU相コイル、V相コイル及びW相コイルの電流値等を把握し、必要とするトルクやモータ3の速度などからモータ3への制御量を決定する。

【0042】次に、PWM信号生成器45を介してFET49をスイッチングしてU相コイル、V相コイル及びW相コイルに印加する電圧を調整し、モータ3が所定のトルクを発生しかつ所定の速度をとなるように制御する(ステップS16)。その後、電流検出器51でU相コイル、V相コイル及びW相コイルの電流値フィードバックを取り込み(ステップS17)、断線の有無を判断する(ステップS18)。

【0043】ステップS12でYes(異常処理が必要である)と判断した場合、またはステップS14でYes(断線有り)と判断した場合は、モータ3の動力を断つと共に、第1、第2リレー65、66の短絡、制御装置7への異常処理ステータスの送信などの異常処理を行う(ステップS19)。

【0044】上述したように、電源断、各種ケーブルの断線、バッテリー上がり(電源断)、制御装置7やドライバ4の暴走、イグニッションスイッチのオフ等のいわゆる無制御時でもサスペンションユニット2は減衰力を発生することができ、安全性が大幅に向上する。

【0045】なお、第1、第2リレー65、66は、大電流の通電が可能なタイプを選択すれば、破損する虞が小さくなる。そして、第1、第2リレー65、66として大電流の通電が可能なタイプを用いることにより、無制御時でも長時間に渡りサスペンションユニット2は安定した減衰力を発生できるようになり、安全性がさらに向上する。

【0046】次に、本発明の第2実施の形態を図7及び図8に基づいて説明する。第2実施の形態の電磁サスペンション装置は、図7及び図8に示すように、前記FET49に代えるFET回路49Aを有している。FET回路49Aは、6個のFET(以下、第1～第6FETという。)541～546を有している。第1FET541のソース[S]は第2FET542のドレイン

[D]と接続されており、その接続部はU相コイルに接続されている。第3FET543のソース[S]は第4

FET544のドレイン[D]と接続されており、その接続部はV相コイルに接続されている。第5FET545のソース[S]は第6FET546のドレイン[D]と接続されており、その接続部はW相コイルに接続されている。

【0047】PWM信号生成器45からFET回路49Aに6本の制御線90が延ばされており、そのうち3本の信号線90が第1、第3、第5FET541、543、545(以下、適宜、上側アームのFETという。)のゲート[G]に接続されている。前記6本の制御線90のうち他の3本の信号線90が第2、第4、第6FET542、544、546のゲート[G]にそれぞれ短絡補助回路(以下、短絡補助第1回路という。)80Aを介して接続されている。この第2実施の形態では、短絡補助第1回路80A及び第2、第4、第6FET542、544、546により短絡回路が形成されている。

【0048】第1FET541は、ソース[S]及びドレイン[D]を接続するフリーホイールダイオード91を内蔵しており、フリーホイールダイオード91を通してソース[S]からドレイン[D]への通電を許容するようにしている。第2～第6FET542～546の各ソース及びドレイン間についても第1FET541と同様にフリーホイールダイオード91が接続されている。

【0049】第1、第3、第5FET541、543、545(上側アームのFET)のドレイン[D]は、モータ用電源5のプラス(+)端子に接続されている。また、第2、第4、第6FET542、544、546(下側アームのFET)のソース[S]は、モータ用電源5のマイナス(-)端子に接続されている。

【0050】前記短絡補助第1回路80Aは、npn形のトランジスタ(以下、第1トランジスタという。)70と、pnp形のトランジスタ(以下、第2トランジスタという。)71とを備えている。第1トランジスタ70のエミッタ(E)と第2トランジスタのエミッタ

(E)とが接続されており、この接続部が第2、第4、第6FET542、544、546(下側アームのFET)の各ゲート[G]〔図8では第2FET542のみを励磁している。〕に接続されている。第1トランジスタ70のベース(B)と第2トランジスタのベース

(B)とが接続されており、この接続部がPWM信号生成器45の制御線90に接続されている。第1トランジスタ70のコレクタ(C)は15VのFETゲート駆動用電源92に接続されている。第2トランジスタ71のコレクタ(C)は接地されている。

【0051】第2、第4、第6FET542、544、546(下側アームのFET)の各ドレイン(D)とゲート(G)とは、直列接続されたダイオード67及び抵抗68が並列に接続されている。第2、第4、第6FET542、544、546の各ゲート(G)には、接

地されたツェナーダイオード69が接続されており、前記各ゲート(G)に高電圧が印加されないようにしている。各ツェナーダイオード69には、コンデンサ93が並列に接続されている。

【0052】この第2実施の形態は、後述するように短絡補助第1回路80AによりU相コイル、V相コイル及びW相コイルの短絡を図るようにしており、前記第1実施の形態で用いた第1、第2リレー65、66(短絡回路80)を廃止したものになっている。この第2実施の形態では、例えば第2FET542に対する制御線90が断線した場合、第1、第2トランジスタ70、71は、そのベース(B)に電圧が印加されないことから、動作しない。この際、サスペンションユニット2のストロークによりモータ3が発電機として動作し、U-V相間に逆起電圧が生じ、U相の電圧が高い場合は、第2FET542のドレイン(D)にU相の逆起電圧が加わる。

【0053】そして、ダイオード67及び抵抗68を通して第2FET542のゲート(G)に電圧が印加され、第2FET542を導通(ON)させることができる。この結果、第2FET542のドレイン(D)側からソースへ電流が流れ、V相コイルに対応する第4FET544に内蔵されたフリーホイールダイオード91を介してV相コイル及びW相コイルに電流が流れ(すなわち、U相コイル、V相コイル及びW相コイルが短絡された状態となり)、サスペンションユニット2は減衰力を発生することになる。

【0054】なお、正常動作時にもダイオード67を通じて逆起電圧が第2FET542のゲート(G)に印加されるが、第1、第2トランジスタ70、71が動作することから、抵抗68の抵抗値を大きくすれば第2FET542のスイッチング動作には影響を与えない。すなわち、モータ3に接続される動力ケーブル81が断線した場合、サスペンションユニット2がストロークしたことにより、モータ3が発電機として動作し、逆起電圧によって自動的に第2FET542が導通して(ONして)各相のコイルが短絡され、電流が流れることにより、サスペンションユニット2は減衰力を発生することになる。

【0055】この第2実施の形態では、ドライバ4の第2FET542のゲート制御信号が断線しても、モータ3の逆起電圧を利用し、第2FET542を導通する(ONする)ことにより、断線時でも減衰力が発生することができる。なお、モータ3の逆起電圧を使用しているため、サスペンションユニット2がストロークしていない場合はもちろん、ストローク速度が低く、逆起電圧が低い場合も第2FET542を導通させる(ONさせる)ことができない。このため、ストローク速度が低い場合は減衰力を発生することができないことになる。

【0056】次に、本発明の第3実施の形態を図9及び

図10に基づいて説明する。第3実施の形態の電磁サスペンション装置は、図9及び図10に示すように、第2実施の形態のFETゲート駆動用電源92を廃止し、かつサスペンションユニット2のストローク速度が低く、逆起電圧が低い場合でも下側アームのFETの第2、第4、第6FET542、544、546(以下、便宜上、第2FET542を例にして説明する。)を導通でき(ONすることができ)、ストローク速度が低い領域でも減衰力を発生できるようにしている。

【0057】第3実施の形態は、第2実施の形態のFET回路49Aに代えるFET回路49Bを有している。FET回路49Bは、FET回路49Aの短絡補助第1回路80Aに代えて、短絡補助第2回路80Bを有している。短絡補助第2回路80Bは短絡補助第1回路80Aの第1、第2トランジスタ70、71に代えて第3、第4トランジスタ72、73を有している。第3、第4トランジスタ72、73の各エミッタは接続されており、この接続部は第2FET542のゲートに接続されている。第3、第4トランジスタ72、73の各ベースは接続されており、この接続部にはエミッタが接地されたnpn形の第5トランジスタ95のコレクタが接続されている。第5トランジスタ95のベース(B)には、制御線90が接続されている。

【0058】第3トランジスタ72のコレクタと第2FET542のドレインとは、直列接続されたダイオード74及び抵抗75を介して接続されている。第3トランジスタ72のコレクタとエミッタとは抵抗78を介して接続されている。抵抗78と抵抗75の接続部分には、一端が接地されたコンデンサ76の他端が接続されている。コンデンサ76にはツェナーダイオード77が並列に接続されている。また、第3トランジスタ72のコレクタと第5トランジスタ95のコレクタとは抵抗96を介して接続されている。

【0059】この第3実施の形態では、第2FET542のドレイン電圧が高いとき、すなわち、モータ3の逆起電圧により第2FET542のドレインに電圧が加わっているとき、または上アーム側の第1FET541がONしているとき、ダイオード74及び抵抗75を通してコンデンサ76に電荷が蓄えられる。この電圧は第2FET542のゲートを十分駆動できる電圧とし、ツェナーダイオード77により一定電圧に保たれるようにする。

【0060】コンデンサ76に蓄えられた電圧は、ゲート駆動用の電源となり、第3、第4トランジスタ72、73により第2FET542のゲートを駆動する。ゲート制御信号は負論理となり、ゲート制御信号がローレベルの場合、第2FET542のゲートはONし、ハイレベルのときOFFとなる。ゲート信号が断線などにより発生しなくなると、コンデンサ76に蓄えられた電圧が抵抗78を介して第2FET542のゲートに印加さ

れ、第2 F E T 5 4 2をONし、減衰力を発生することになる。そして、この場合、仮にサスペンションユニット2のストローク速度が低く、逆起電圧が低い場合でも下側アームのF E Tの第2、第4、第6 F E T 5 4 2、5 4 4、5 4 6（以下、便宜上、第2 F E T 5 4 2を例にして説明する。）を導通でき（ONすることができ）、ストローク速度が低い領域でも減衰力を発生できる。

【0061】上記第1～第3実施の形態では、サスペンションユニット2が円筒形リニアモータ構造である場合を例にしたが、これに代えて、図11に示すサスペンションユニット2 Aを用いてもよい。図11に示すサスペンションユニット2 Aは、外筒部材20 Aと、外筒部材20 Aに一端側が挿入され他端側が外筒部材20 Aから突出する筒状のロッド21 Aと、ロッド21 Aの一端側に固定されたボールナット165と、ボールナット165に螺合し、ベアリング166を介して外筒部材20 Aに回転可能に支持されたボールねじ167とを備えている。サスペンションユニット2 Aは、さらに、ボールねじ167と同軸のシャフト168に固定された永久磁石23 Aと、外筒部材20 Aに固定されたコイル22 Aと、コイル22 A内に設けられた図示しないコア材とを備えている。外筒部材20 Aの開口端には、環状の案内部材69が装着され、案内部材169の内側にはロッド21 Aに摺動してこのロッド21 Aを案内する摺動部170が設けられている。

【0062】このサスペンションユニット2 Aでは、コイル22 Aへの通電によりコイル22 Aと永久磁石23 Aとの間に電磁力を発生し、永久磁石23 A（シャフト68）ひいてはボールねじ167が回転し、これによりボールナット165を介してロッド21 Aが外筒部材20 Aに対して軸方向に相対変位し、推進力を発生し、振動抑制効果を向上できる

また、車体の上下振動に伴いロッド21 A及び外筒部材20 Aが軸方向に相対的に変位すれば、軸方向の動きがボールナット165及びボールねじ167により回転運動に変換され、永久磁石23 A（シャフト168）が回転しコイル22 Aに起電力が発生し、ロッド21 A及び外筒部材20 Aの相対速度に応じた抵抗力、すなわち減衰力を発生することになる。

【0063】上記第1ないし第3実施の形態では、無制御時にU相コイル、V相コイル及びW相コイルを短絡する場合を例にしたが、この短絡に際し、抵抗を挿入し、

モータ3が発電機として動作した際に生じる電力を消費するようにしてもよい。

#### 【0064】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、ケーブル断線等サスペンションユニットへ供給される信号の異常時にコイル部材が閉ループを構成するように短絡回路を設けたので、サスペンションユニットのストロークによりコイル部材に生じる起電力によって減衰力を得ることができ、従来技術で故障時に起こり得た無減衰力状態を回避することができる。また、請求項2に記載の発明によれば、前記短絡回路をサスペンションユニットと一体に設けたことにより、制御手段やケーブルに故障があった場合も、短絡回路を作動させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態に係る電磁サスペンション装置を模式的に示す図である。

【図2】図1のサスペンションユニットを示す断面図である。

【図3】図1の制御装置を模式的に示すブロック図である。

【図4】図1のドライバを模式的に示すブロック図である。

【図5】図1の電磁サスペンション装置のリレーを用いた短絡回路を示す図である。

【図6】図1の電磁サスペンション装置の作用を示すためのフローチャートである。

【図7】本発明の第2実施の形態を模式的に示す図である。

【図8】図7の短絡補助第1回路を示す図である。

【図9】本発明の第3実施の形態を模式的に示す図である。

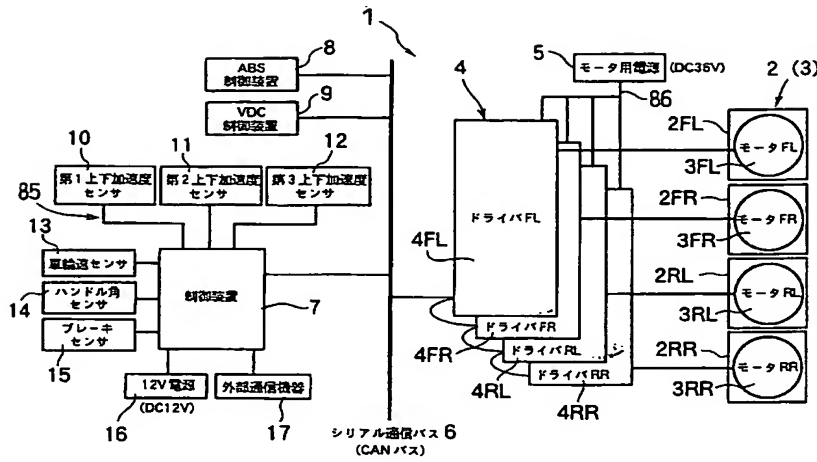
【図10】図8の短絡補助第2回路を示す図である。

【図11】図2のサスペンションユニットに代る他のサスペンションユニットを示す断面図である。

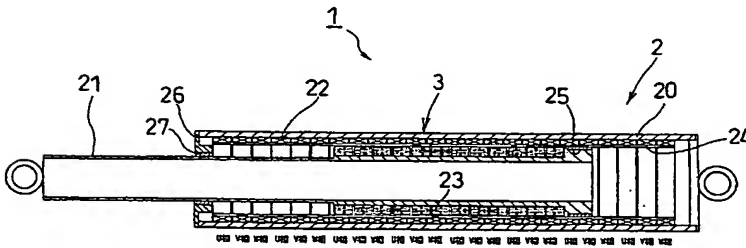
#### 【符号の説明】

- 1 電磁サスペンション装置
- 2 サスペンションユニット
- 3 モータ
- 22 コイル（コイル部材）
- 23 永久磁石（磁石部材）
- 65 第1リレー（短絡回路）
- 66 第2リレー（短絡回路）

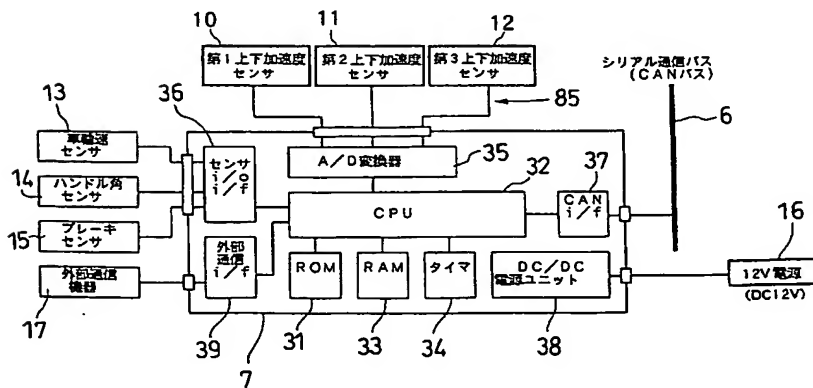
【図 1】



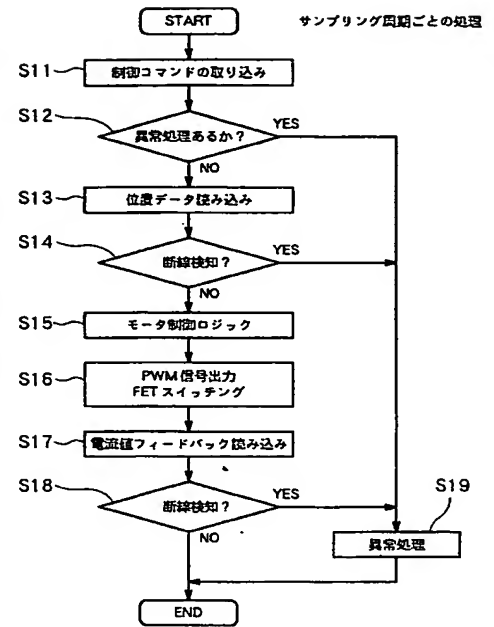
【図 2】



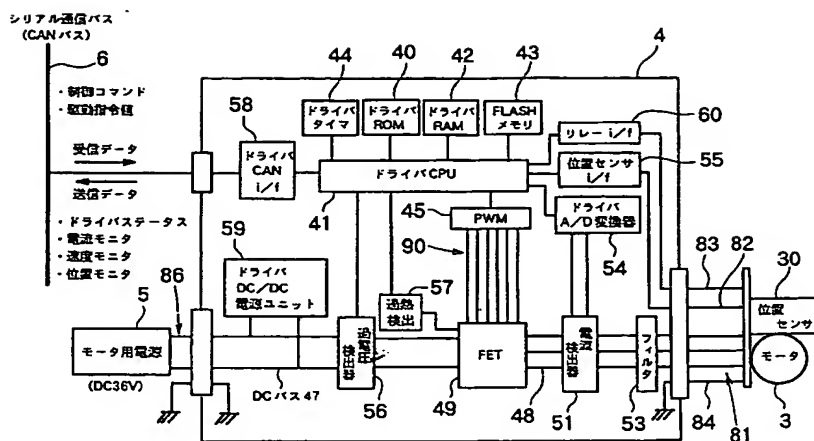
【図 3】



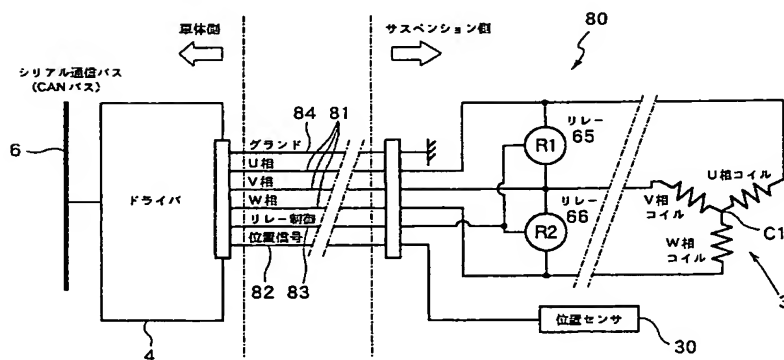
【図 6】



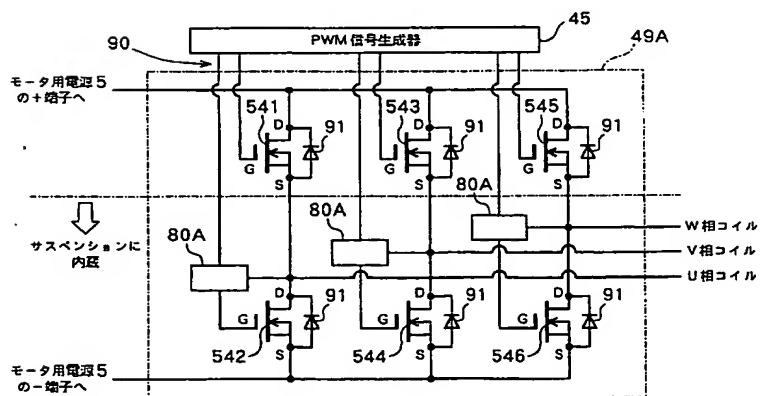
【図 4】



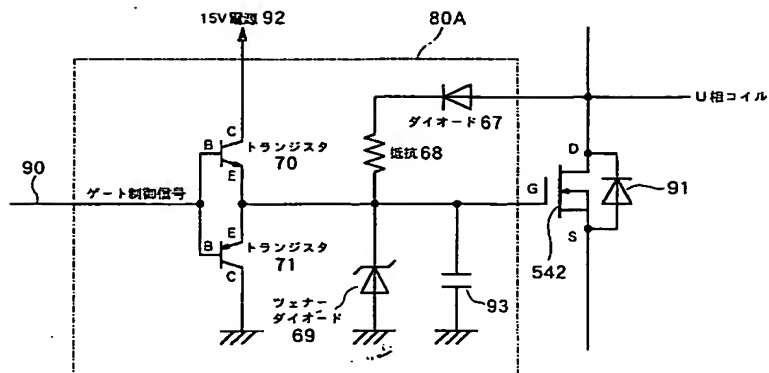
【図 5】



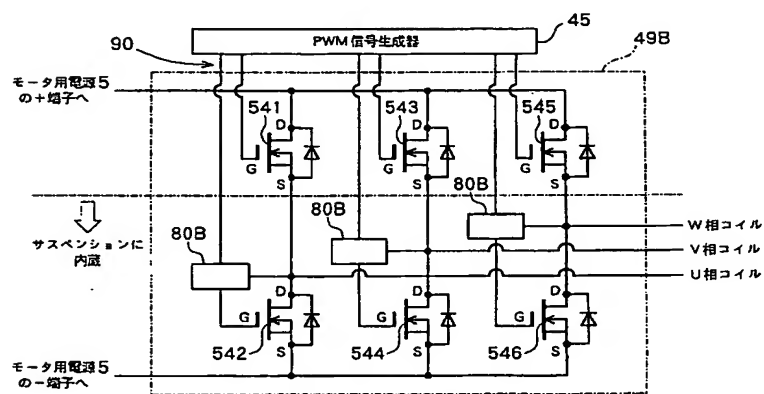
【図 7】



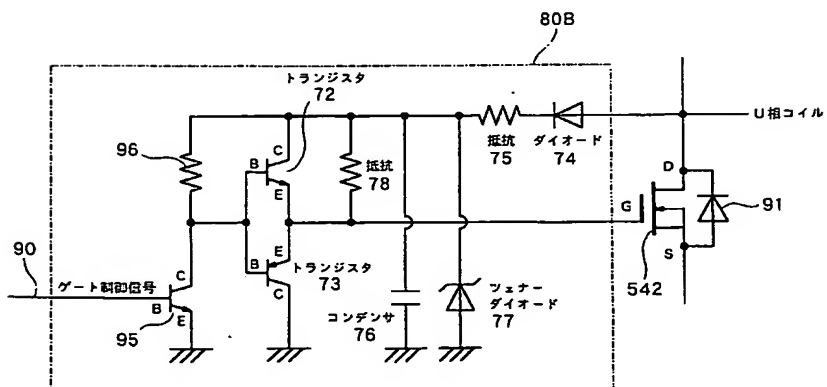
【図8】



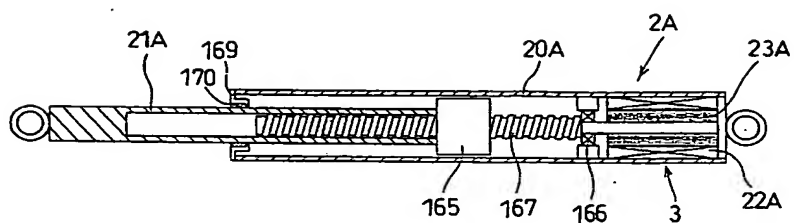
【図9】



【図10】



【図 11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3D001 AA02 DA17 EA02 EA07 EA08  
 EA22 EA34 ED06  
 3J048 AA06 AB11 AC08 AD01 DA01  
 EA16  
 5H223 AA10 BB08 CC01 CC08 DD01  
 DD03